

Présentation

- Pascal PETIT
- tel.: Non
- mèl: pascal.petit@info.univ-evry.fr
- WeB: <http://www.ibisc.univ-evry.fr/~petit>

programme de l'enseignement

- adressage et routage IP
- architecture en couche, notion fondamentales sur les réseaux
- protocole IP
- dhcp : attribution automatique d'adresses IP
- dns : domain name system
- couche liaison, sous couche MAC
- couche transport, tcp/udp
- VLAN
- traduction d'adresses (NAT)

Réseau

- ensemble de machines
 - interconnectées
 - échangeant de données
- peut être représenté par
 - des nœuds : les hôtes : ordinateurs, routeurs, ...
 - des liens : reliant certains noeuds

Tour d'Horizon

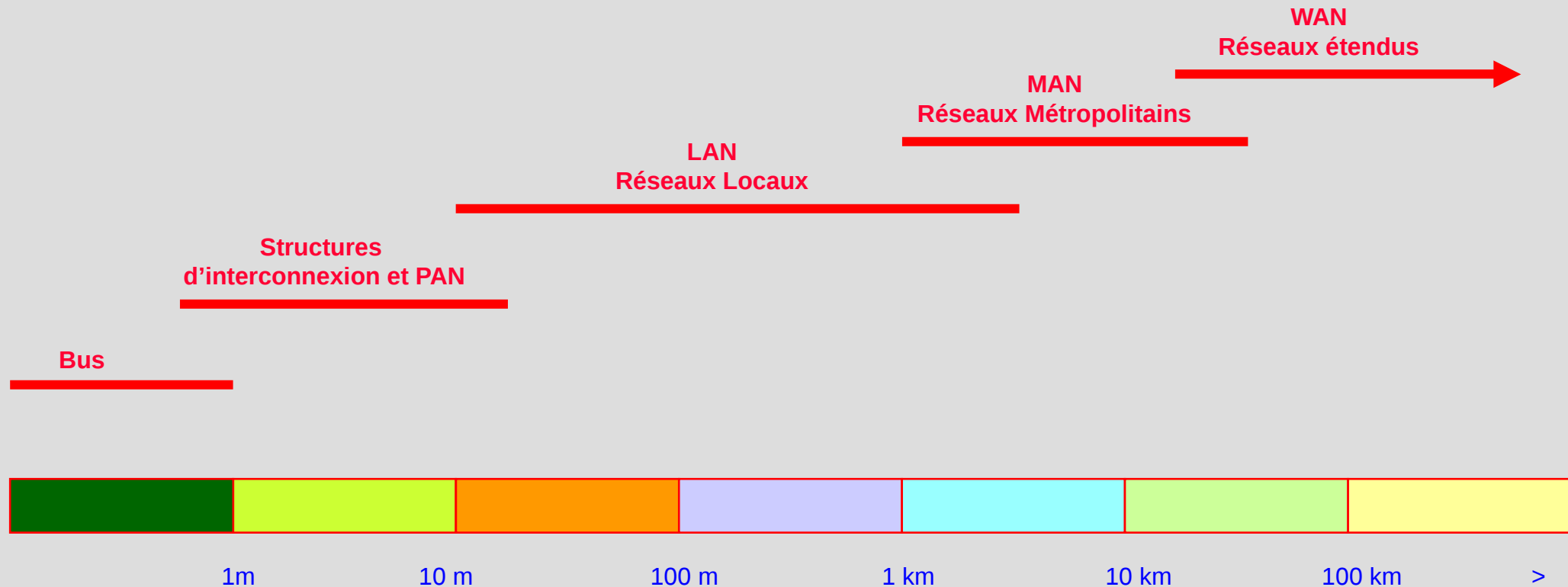
- Dans un premier temps, nous allons aborder la problématique des réseaux et de la décomposition en couche d'une façon synthétique mais non rigoureuse
- Les notions décrites seront vues dans le détail dans la suite du cours

réseau: complexité des contraintes

- relier des machines avec des liaisons physiques variées
- fournir des services variés:
 - transfert de données, WeB, voix, video, temps réel, ...
 - qualité de service, sécurité, ...

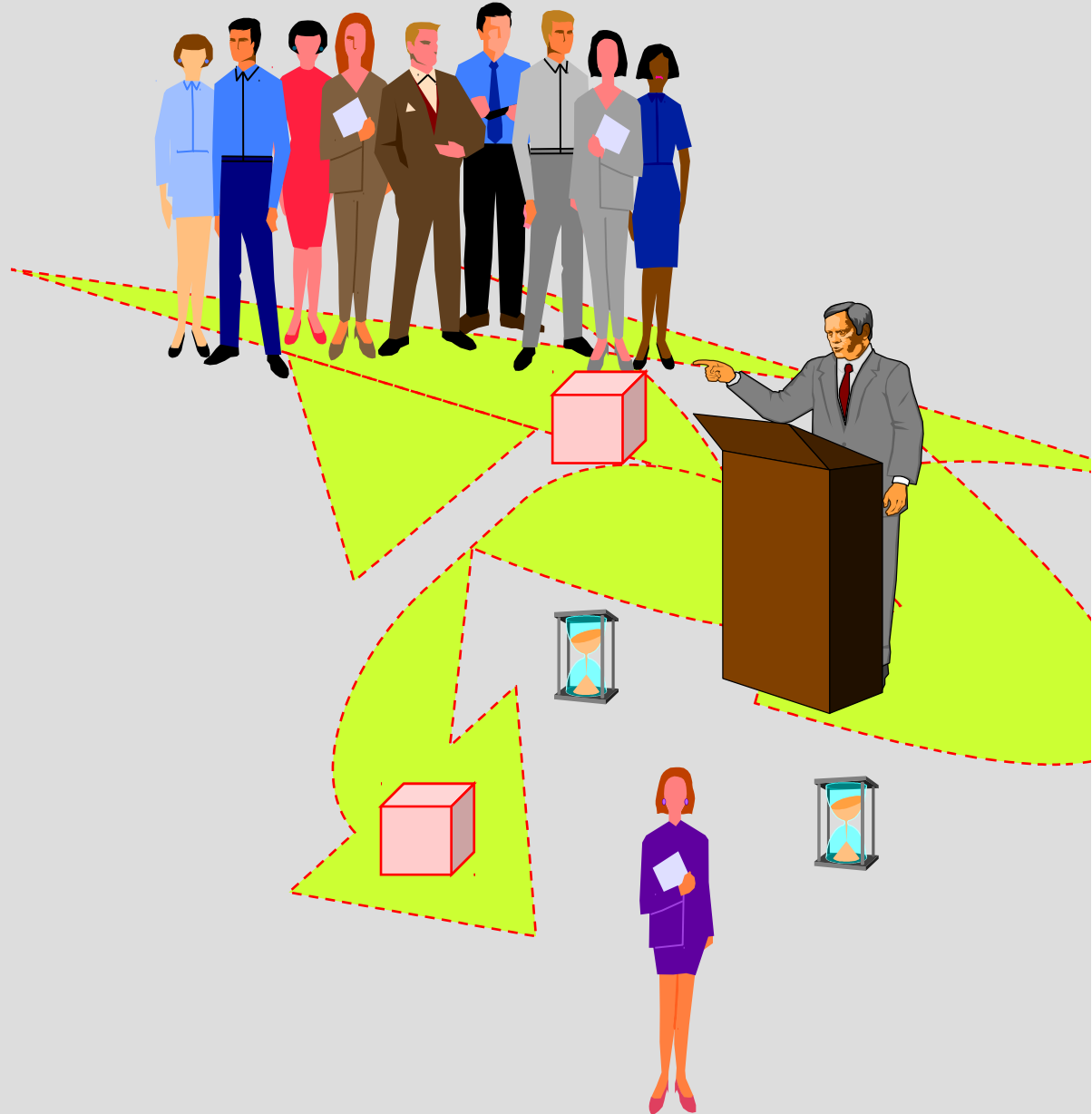
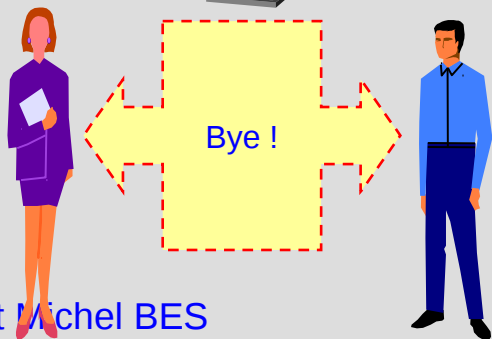
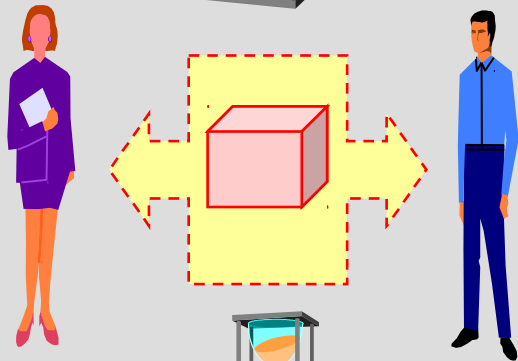
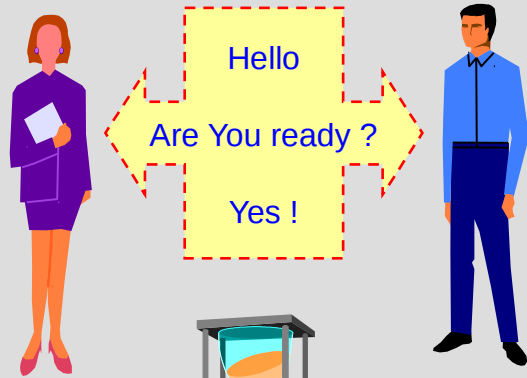


Catégories de Réseaux





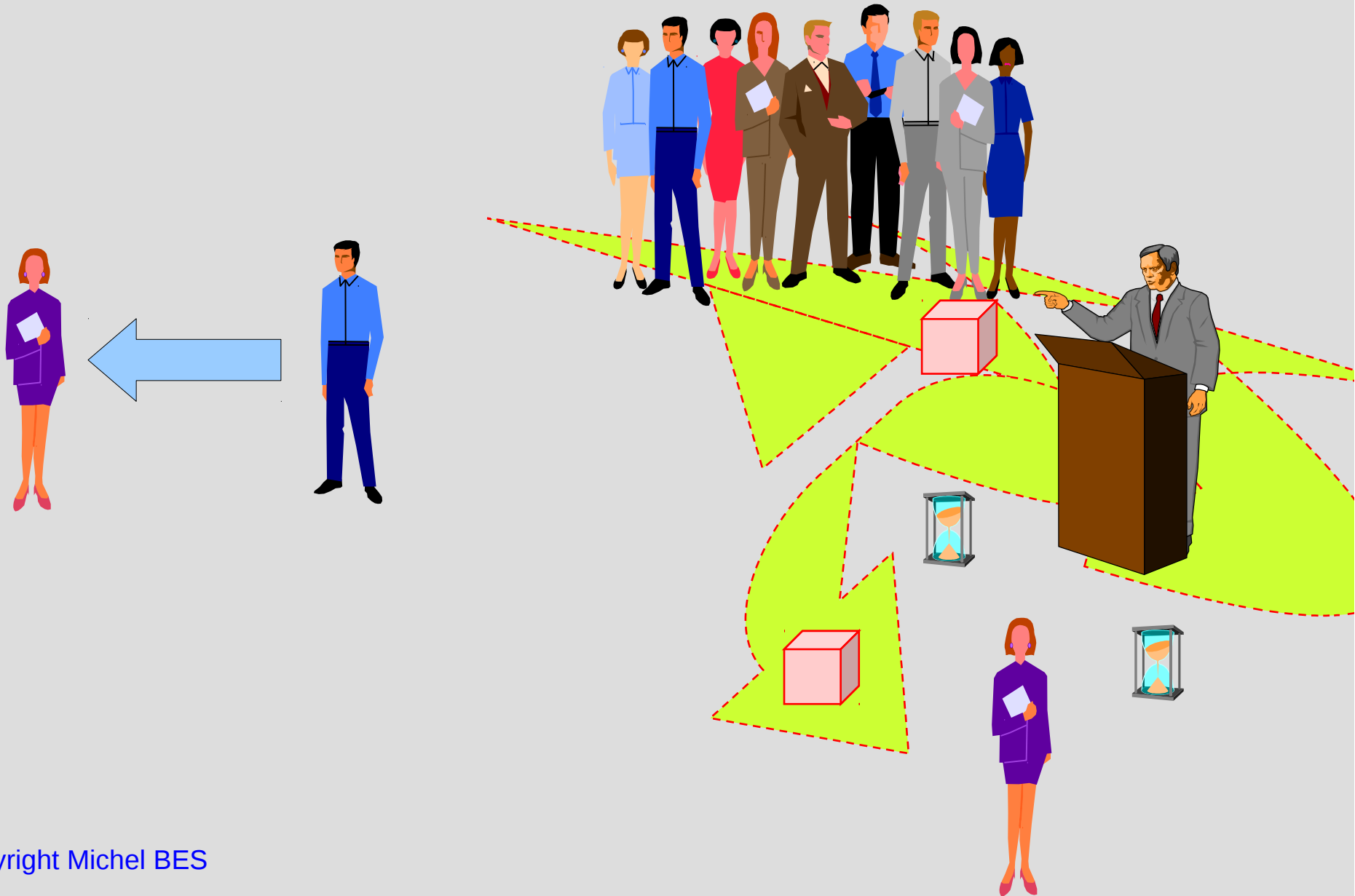
avec ou sans connexion





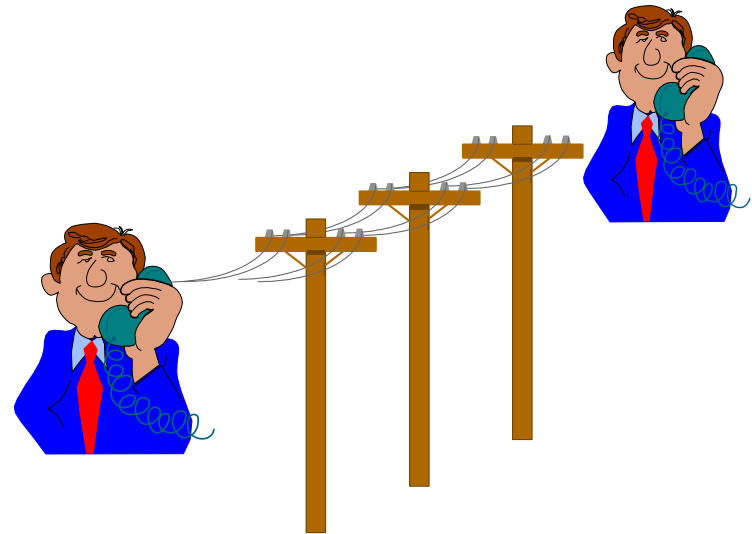
UNIVERSITE
D'EVRY
VAL D'ESSONNE

1 à 1 ou 1 à N



commutation de circuits/ de paquets

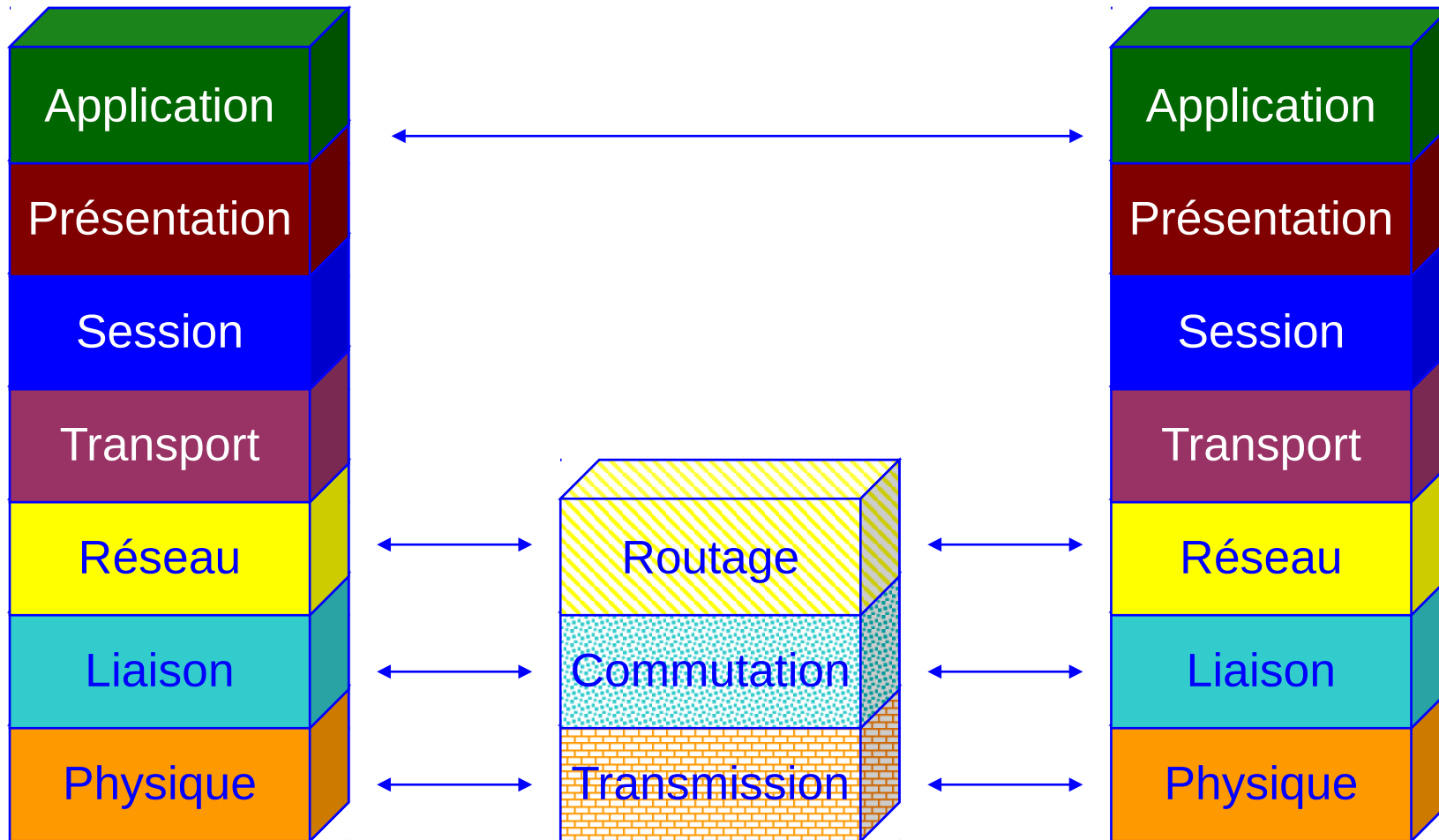
- telecom anciens :
commutation de circuit :
« pas suite
d'encombrement ... » :
réservation d'un circuit
de la source à la
destination
- commutation de
paquets : découpage
des données en
paquets



solution :

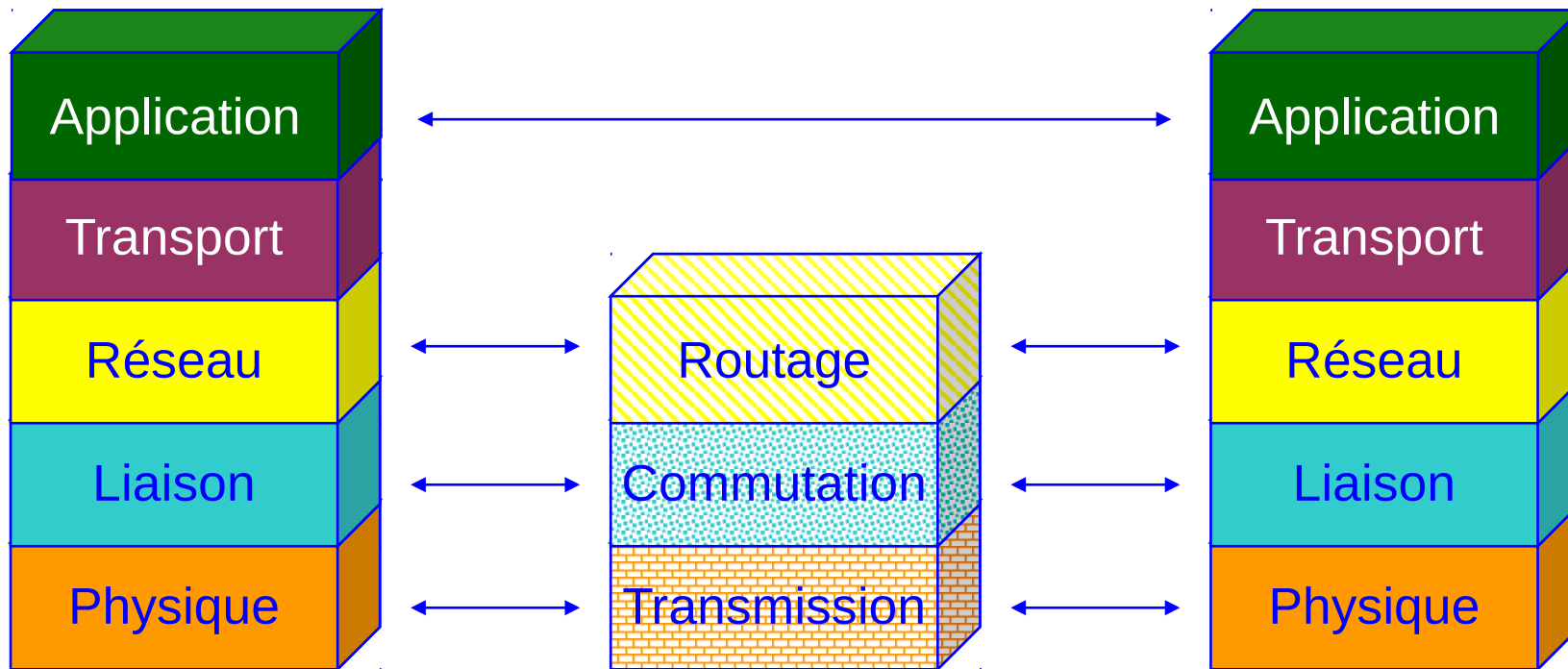
- diviser pour mieux regner
- garantir des interfaces claires entre couches/modules

Architecture OSI

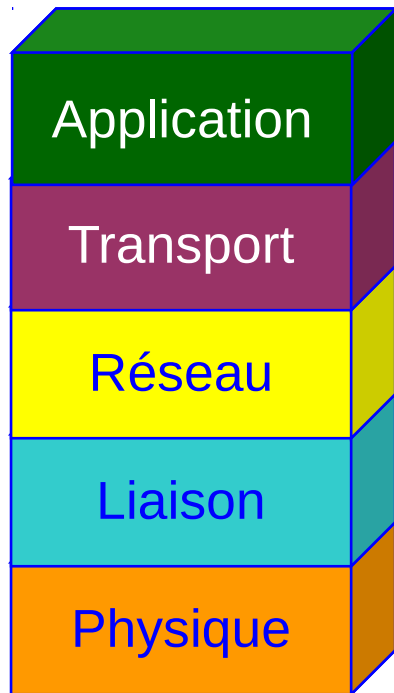


Architecture tcp/ip améliorée :-)

Le cours se limitera aux réseaux TCP/IP



Architecture tcp/ip améliorée :-)



Numéro de port : identifie un programme communiquant sur un hôte

Adresse IP

Adresse MAC (ou adresse physique, matérielle)

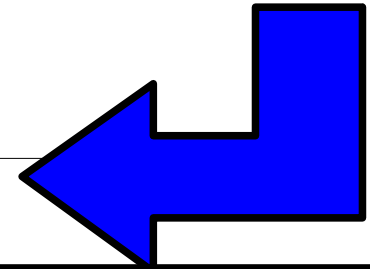
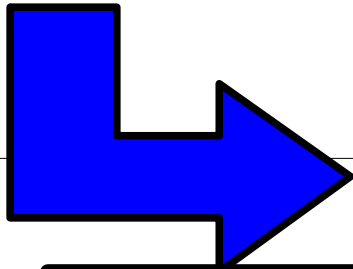
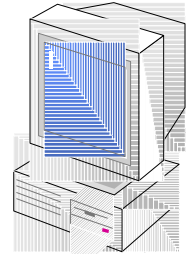
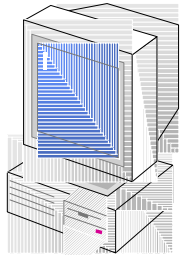
couche physique/couche liaison

- physique
- liaison: ethernet, adresse ethernet: permet la communication entre deux machines directement reliées (sur le même lien physique)
 - exemple:
 - les machines de la salle et une partie des machines de l'étages sont directement reliées
 - elles peuvent directement communiquer
 - votre poste et www.google.fr ne sont pas directement reliés

couche réseau: IP

- apport de la couche réseau: permettre la communication entre deux machines non directement reliées
 - via un chemin constitué de de machine directement reliées
 - s'appuie sur la couche liaison pour chaque « saut de puce »
- Adresse IP : identifie l'interface réseau d'une machine
 - un adresse ip correspond à une seule machine
 - par contre, une machine peut avoir plusieurs adresses IP

lien entre liaison et IP: ARP



1-ARP requête: Qui a l'IP
192.168.10.2 ?

2-ARP réponse:

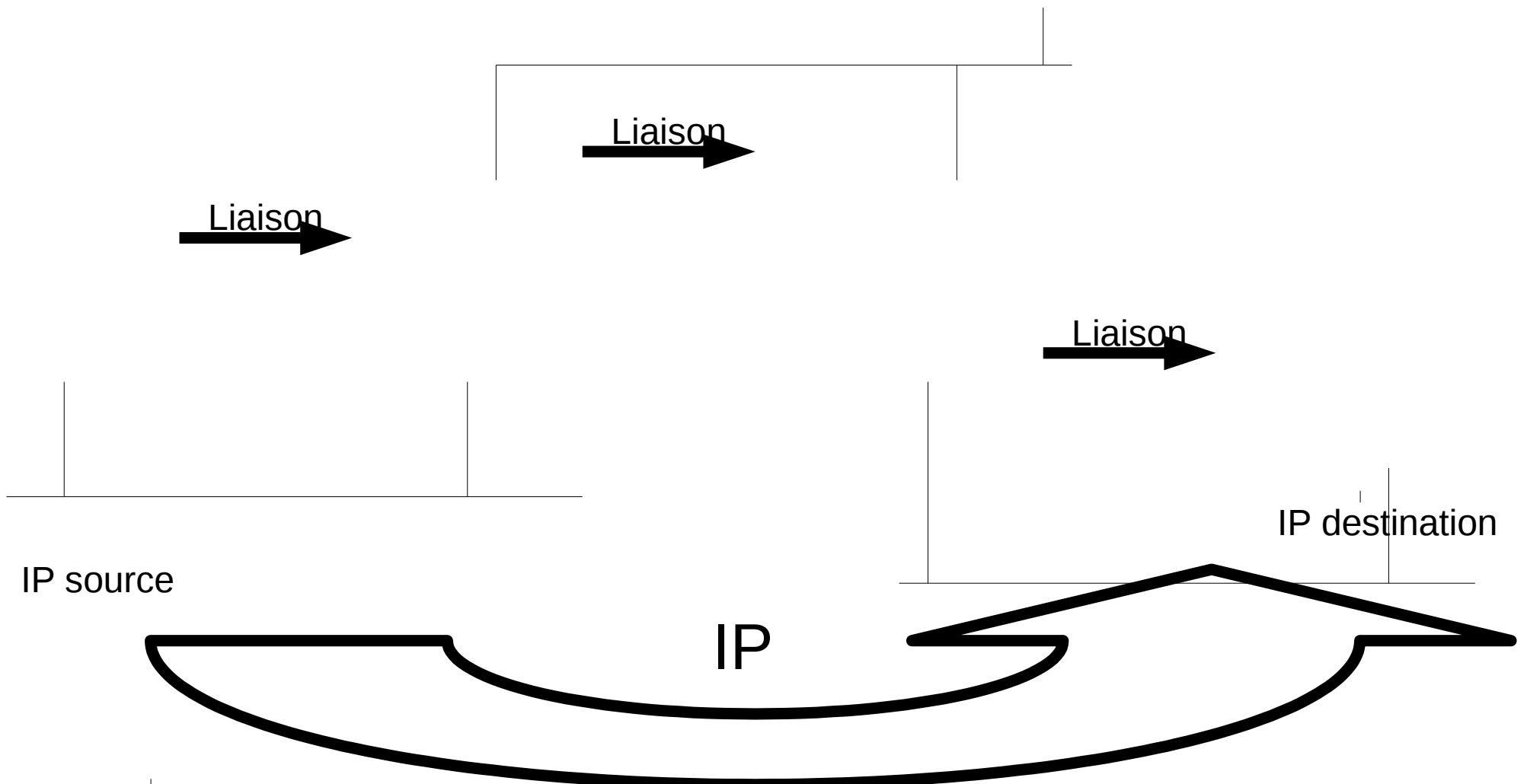
- 192.168.10.2 c'est moi
- MAC: 00:50:56:c0:00:08

lien entre liaison et IP: ARP

- Répond au problème suivant
 - La couche réseau connaît l'adresse ip de la destination (next-hop)
 - La couche liaison a besoin de son adresse MAC
 - ARP permet à la couche réseau d'avoir l'adresse MAC d'un hôte directement joignable à partir de son IP
- ARP : adress resolution protocol
- la machine demandeuse diffuse un message sur le réseau auquel la machine concernée répond

couche réseau: IP

- Routage IP
- Adresse IP



Adresse IP/ Adresse postale

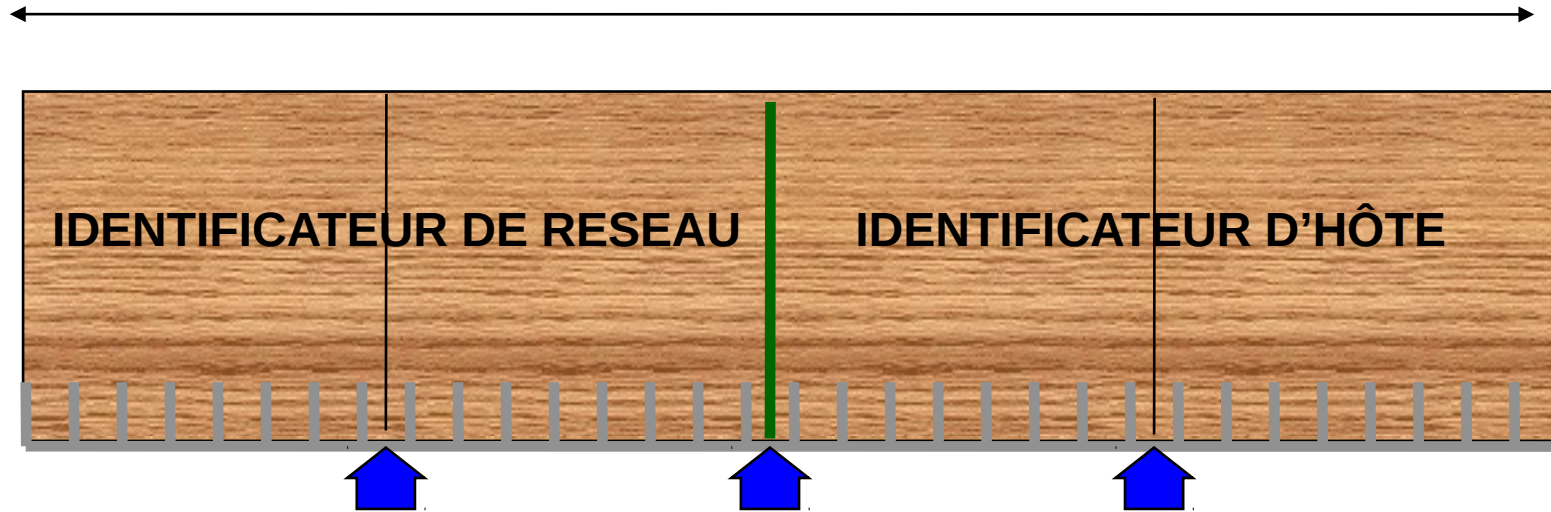
- adresse IP: adresse postale
- boîte aux lettres : interface réseau
- maison : machine
 - une adresse IP identifie une carte réseau
 - deux machines différentes ne doivent pas avoir la même adresse
 - deux cartes différentes ne doivent pas avoir la même adresse
 - une machine peut avoir plusieurs adresses
 - une machine peut avoir plusieurs cartes

Adresse IP

- identifie l'interface réseau d'une machine
- constituée de deux parties :
 - une partie qui identifie le réseau où se trouve la machine
 - une partie qui identifie la machine sur ce réseau
- toutes les machines situées sur le même réseau ont la même partie réseau
- deux machines différentes ne doivent pas avoir la même adresse
- une machine peut avoir plusieurs adresses

Adresse IP v4

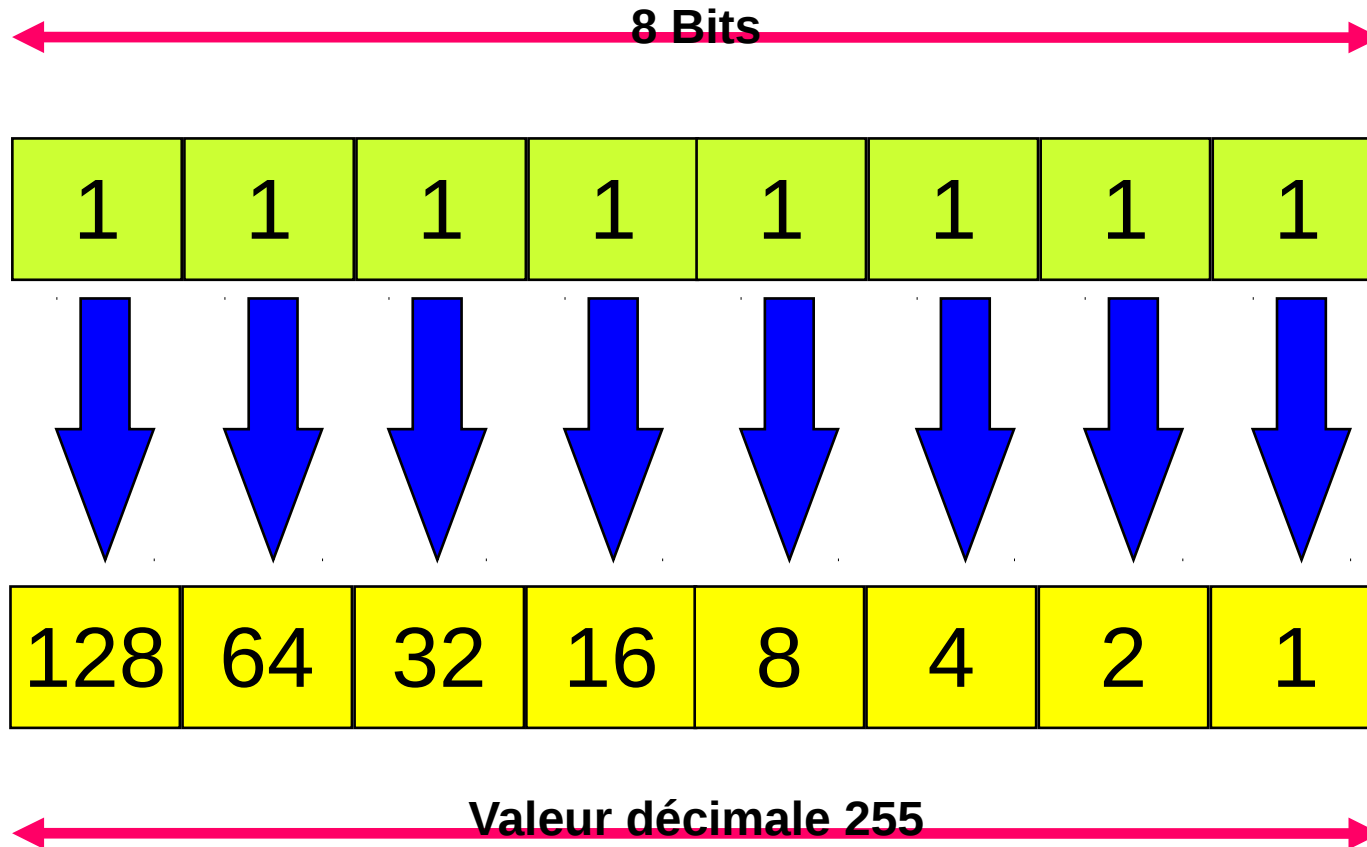
32 Bits



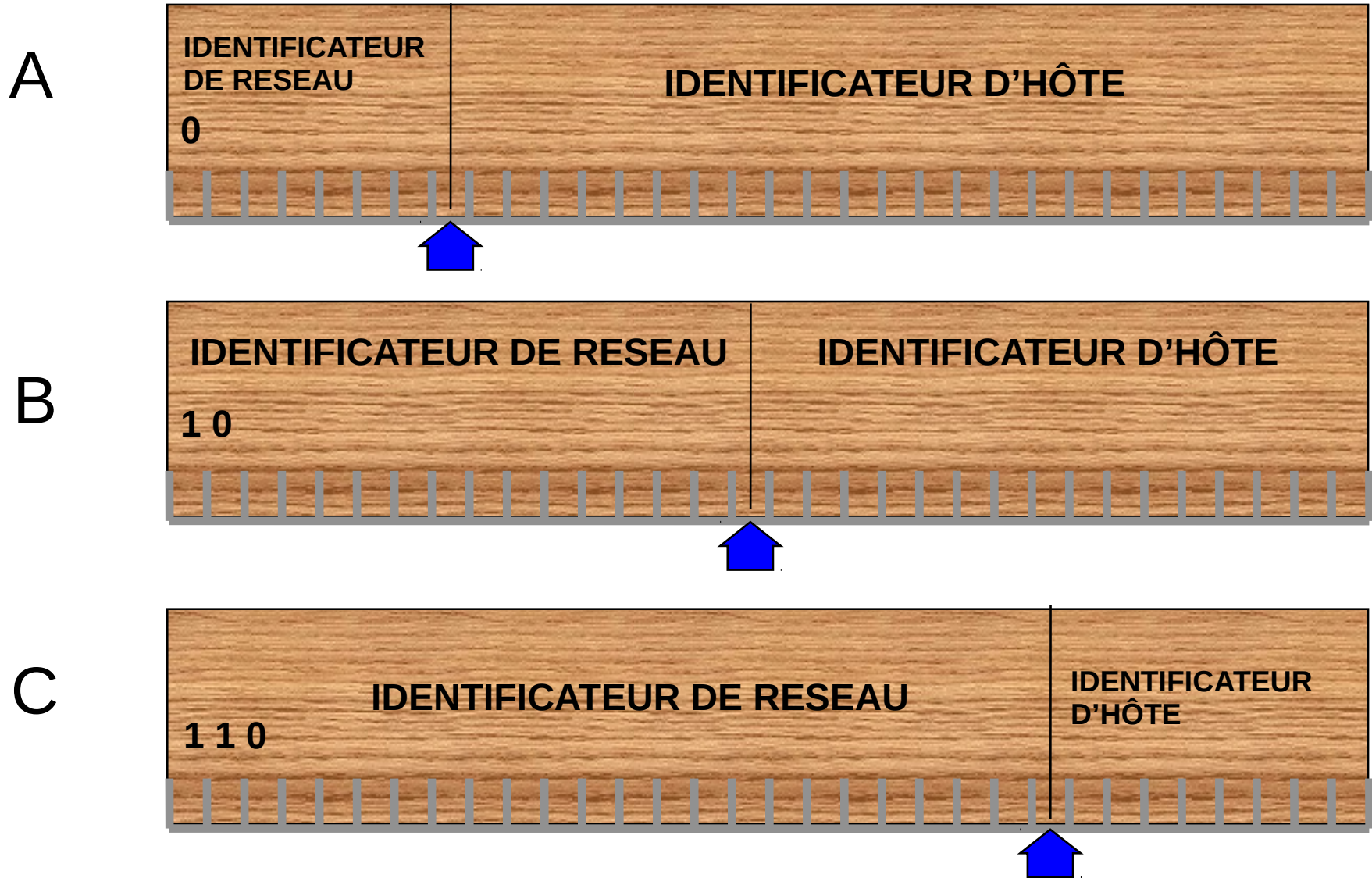
W . X . Y . Z

132.109.4.20

Rappels: Calcul en base 2



Classes d'adresses (la préhistoire)



Classes d'adresses

D



E



Classes d'adresses

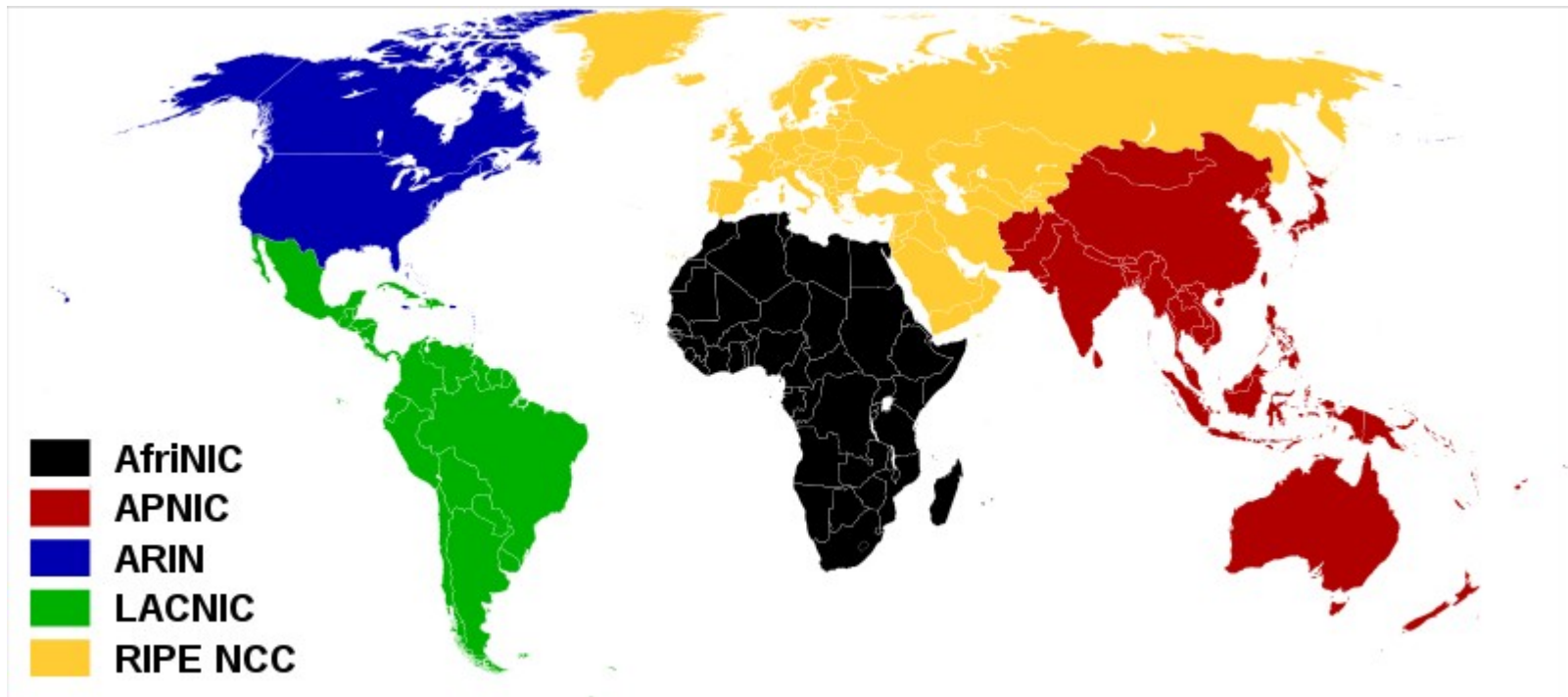
	Nombre de Réseaux de cette classe	Nombre d'Hôtes par réseaux	Plage du 1er Quad	Nombre de bits de la partie réseau
A	126	16 777 214	1-126	8
B	16 383	65 534	128-191	16
C	2 097 151	254	192-223	24

Classes d'adresses



ICANN

- Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
- gère, entre autre, l'attribution des adresses ipv4 et v6
- délègue par zone géographique aux registres internet régionaux (RIR, rfc2050) qui délèguent aux LIR (registre locaux)



adresse ip PI et PA

- PA : provider agregable
 - fournie par votre fournisseur de connexion IP
 - quand on change de fournisseur, on change d'ip
 - le cas général
- PI : provider independant
 - peut être utilisée chez le fournisseur de son choix
 - Cas typique d'usage : tolérance de panne
 - En cas de panne d'un fournisseur, l'ip sera joignable par l'autre (modification des informations de routage)

Adresses réservées

- définies dans le rfc 5735
- Réseau: 127.0.0.0/8 (loopback)
- Adresse de bouclage (loopback) : 127.0.0.1
- Adresse du réseau: partie hôte à 0
 - ex : 194.199.90.0
- Adresses de diffusion:
 - 255.255.255.255 : diffusion générale
 - Partie hôte à 255: ce réseau (destination). ex.: 194.199.90.255 (classe C)

Adresses réservées

- Adresse de réseau à zéro (adresse source) :
 - 0.0.0.0: ce réseau (source)
 - 0.x.y.z : l'hôte x.y.z sur ce réseau
- 169.254.0.0/16 : utilisé en cas d'autoconfiguration d'un hôte (rfc 3927)
- 192.0.0.0/24, 198.51.100.0/24, 203.0.113.0 : réservé pour utilisation dans la documentation (rfc 5737)
- 192.88.99.0/24 : relay ipv6ipv4
- 100.64.0.0/10 : réservée pour « carrier grade nat » (rfc 6598)

Adresses réservées

- réseaux privés (rfc 1918) :
 - adresse utilisable sur un réseau interne mais pas sur internet
 - 192.168.x.0/24 : 256 réseaux de classe C
 - 172.16.0.0/16 → 172.31.0.0/16 : 16 réseaux de classe B
 - 10.0.0.0/8 : réseau de classe A

Masque

- Permet
 - De distinguer la partie réseau de la partie hôte d'une adresse
 - De déterminer si deux hôtes sont sur le même réseau

194 . 199 . 90 . 1
255 . 255 . 255 . 0

194 . 199 . 90 . 0

194 . 199 . 90 . 20
255 . 255 . 255 . 0

194 . 199 . 90 . 0

en fait, on exprime le tout en base 2 et on fait un ET logique entre adresse et masque

Masque

- en base 2 : on fait un ET logique :

```
11000010.11000111.01011010.00000001
11111111.11111111.11111111.00000000
-----
11000010.11000111.01011010.00000000
```

résultat en base 10 :

```
194      .      199      .      90      .0
```

inadaptation des classes

- quel classe choisir pour un réseau de 1500 hôtes ?
 - une classe B qui peut en contenir plus de 65000 ?
 - les classes B sont rares
- on utilise plusieurs classe C
- chaque classe C attribuée correspond à une entrée dans les tables des routeurs d'internet
- trop d'entrées => saturation de la mémoire des routeurs
- salution : CIDR/VLSM (1993)

CIDR/VLSM

- VLSM (Variable Length Subnet Mask, rfc 1878) : le masque est défini au bit près
- Permet :
 - Un découpage précis des sous-réseaux d'un site
 - Permet de regrouper des réseaux contigus de classe C en un seul « sur-réseau » : CIDR (Classless Inter Domain Routing)
 - Moins de réseaux => moins d'entrée dans les tables de routage
- Notation /nn avec nn: nombres de bits de la partie réseau du masque
- CIDR : rfc 1519 (1993) remplacée par rfc 4632

CIDR/VLSM: masque

Classe d'adresse	Bits utilisés pour le masque de Sous-Réseau				Notation Décimale
Classe A /8	11111111	00000000	00000000	00000000	255.0.0.0
Classe B /16	11111111	11111111	00000000	00000000	255.255.0.0
Classe C /24	11111111	11111111	11111111	00000000	255.255.255.0
/23	11111111	11111111	11111110	00000000	255.255.254.0
/18	11111111	11111111	11000000	00000000	255.255.192.0
/15	11111111	11111110	00000000	00000000	255.254.0.0
/9	11111111	10000000	00000000	00000000	255.128.0.0
	Bits 1 à 8	bits 9 à 16	bits 17 à 24	bits 25 à 32	

adresses utilisées par un réseau

- première adresse : adresse du réseau : se calcule en passant la partie hôte à 0
- première adresse utilisable pour un hôte : adresse du réseau + 1
- dernière adresse : adresse de diffusion : se calcule en passant la partie hôte à 1 (255 en base 10)
- dernière adresse utilisable : adresse de diffusion -1
- le nombre de chiffres de la partie hôtes (= 32 – masque) détermine le nombre d'adresses du réseau

Exemples

hote/masque	adresse de diffusion	masque décimal
réseau	première adresse hôtes	dernière adresse hôtes
194.199.165.165/24	194.199.165.255	255.255.255.0
194.199.165.0	194.199.165.1	194.199.165.254
194.199.165.165/21	194.199.167.255	255.255.248.0
194.199.160.0	194.199.160.1	194.199.167.254

21=2*8+5. la partie réseau contient donc les 2 premiers nombres et 5 chiffres du 3e. La partie hôte contient 3 (=8-5) chiffres du 3e et le dernier nombre.

165=**10100101**. On passe la partie hôte à 0 et on obtient : **10100000**=160 et 0 pour le dernier nombre donc le réseau est : 194.199.160.0.

on passe la partie hôte de 165 à 1 et on obtient : **10100111**=167 et 255 (=11111111) pour le dernier nombre donc l'adresse de diffusion est 194.199.167.255.

tailles de réseau

- quelle masque pour un réseau de :
 - 13 hôtes ?
 - il faut $13+2=15$ adresses.
 - $2^3=8 < 15 < 2^4=16$
 - donc 4 bits minimum pour la partie hôte
 - donc masque /28 (= 32 -4)
 - 95 hôtes ?
 - $64=2^6 < 95+2=97 < 128=2^7$
 - 7 chiffres pour hôtes donc /25 (= 32 -7)
 - 357 hôtes ?
 - /23

un cas particulier /31 (rfc 3021)

- /31 : il reste 1 bit pour les adresses
- donc 2 adresses possible
 - affectées à des hôtes sur un lien point à point
 - il n'y a pas d'adresse de diffusion
 - il n'y a pas d'adresse de réseau
- sert en général pour relier des routeurs
- C'est un cas particulier où on a décidé de ne pas suivre la règles générale

agréger des réseaux (1)

- objectif : pouvoir considérer l'union de plusieurs réseaux comme un unique réseau plus gros
- exemple : un découpage :
 - 192.168.64.0/22 : de 192.168.64.0 à 192.168.67.255
 - peut-être vu comme l'union de
 - 192.168.64.0/24 : de 192.168.64.0 à 192.168.64.255
 - 192.168.65.0/24 : de 192.168.65.0 à 192.168.65.255
 - 192.168.66.0/24 : de 192.168.66.0 à 192.168.66.255
 - 192.168.67.0/24 : de 192.168.67.0 à 192.168.67.255

agréger des réseaux (2)

- une entreprise a 2 classes C :
 - 192.168.10.0/24 et 194.199.90.0/24
 - peut-elle les agréger en un seul réseau ?
 - de quelle taille ?
- taille :
 - classe C : 256 adresses
 - 2 classes C : 512 adresses
 - partie hôtes à 9 chiffres en base 2 ($512=2^9$)
 - partie réseau de $32-9=23$ chiffres : réseau /23
- agrégation : non car réseaux non contigus

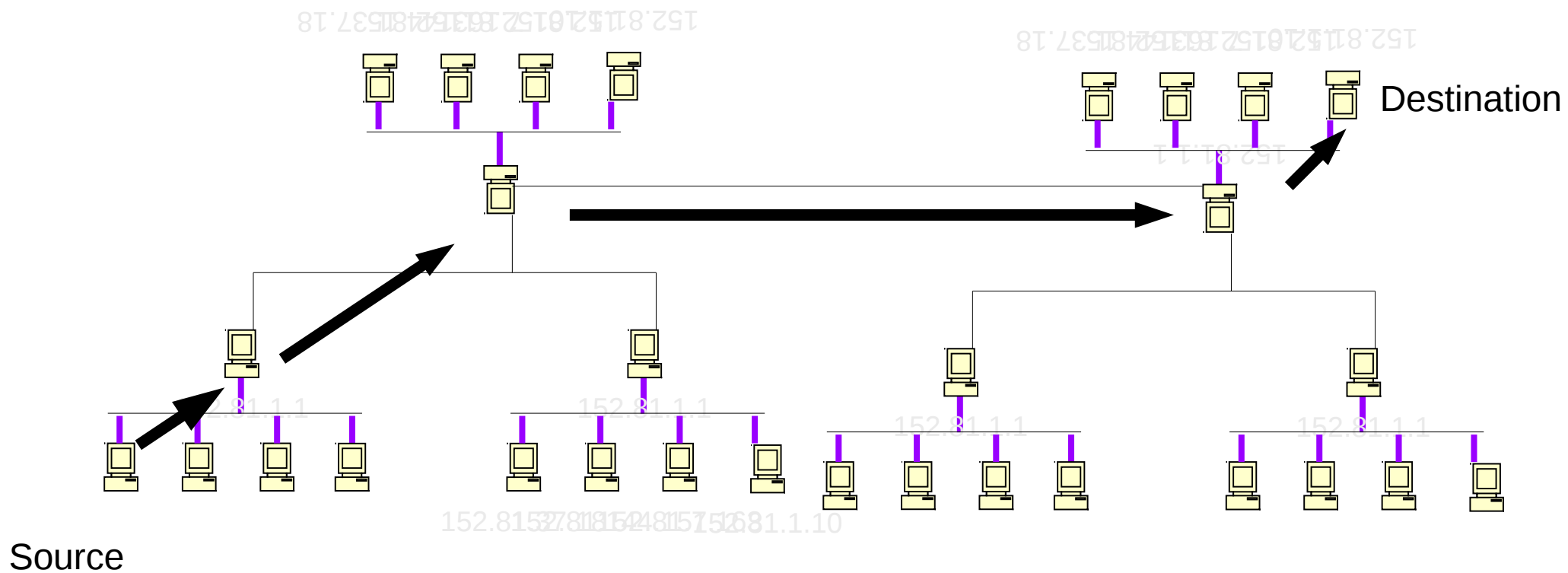
agréger des réseaux (3)

- une entreprise a 2 classes C contiguës
 - 192.168.9.0/24
 - 192.168.10.0/24
 - peut-elle les agréger en un seul réseau ?
- réponse : non car ces 2 classes C ne font pas partie du même /23 :
 - 192.168.9.x/23 a comme adresse réseau 192.168.8.0/23 car 9=00001001
 - 192.168.10.x/23 a comme adresse réseau 192.168.10.0/23 car 10=00001011

agréger des réseaux (4)

- une entreprise a 2 classes C contiguës
 - 192.168.8.0/24
 - 192.168.9.0/24
 - peut-elle les agréger en un seul réseau ?
- Oui, 192.168.8.0/23 dont les adresses vont de :
 - 192.168.8.0 à 192.167.9.255

Routage IP: problématique

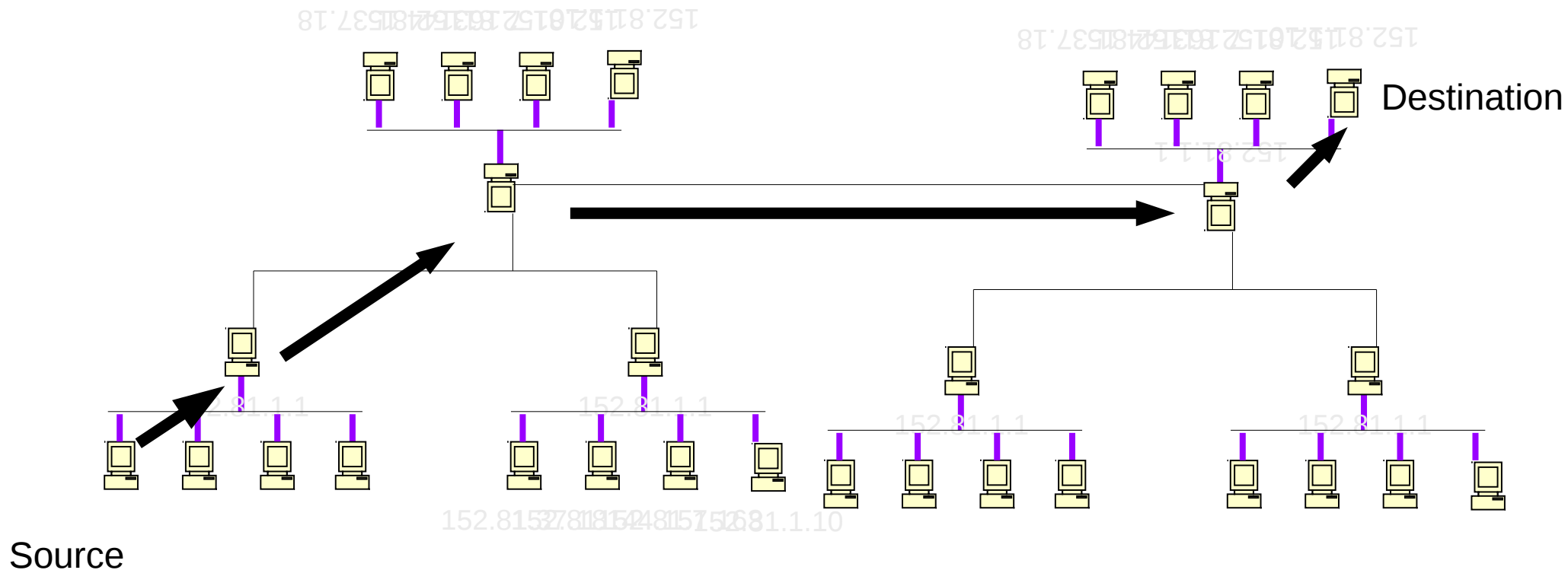


Routage IP: problématique

- chaque hôte a pour mission de déterminer le 'next hop » : à qui envoyer un paquet en fonction de la destination du paquet
- fait en fonction :
 - de la destination du paquet
 - d'information locales contenues dans la table de routage
 - aucune machine ne connaît le trajet complet jusqu'à la destination
- la sortie du réseau local se fait en passant par un routeur : machine reliée à plusieurs réseaux

Routage IP: problématique

- Une machine sait transmettre les paquets sur les sous-réseaux de ses interfaces (réseaux locaux)
- Les autres paquets sont envoyés à un routeur directement joignable (situé sur un réseau local)



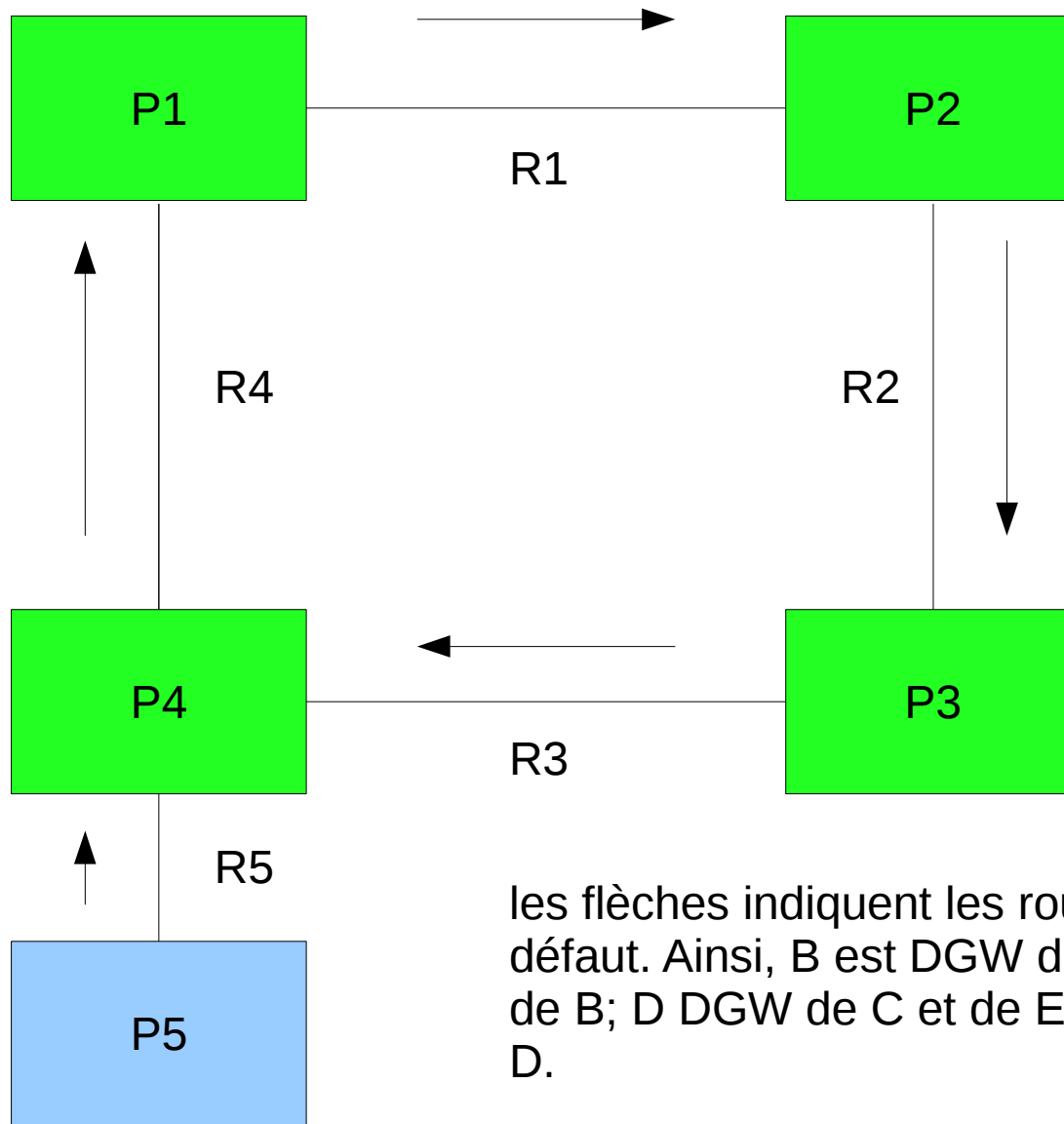
Routage: routeur par défaut, routes statique

- Table de routage :
 - Une entrée pour chaque réseau directement connecté
 - Routeur par défaut: pour les destinations non traités par les autres entrées
 - Routes statiques: pour les destinations pour lesquelles le routeur par défaut ne convient pas
- Le parcours de la table est récursif
 - Les cas d'arrêt sont les réseaux directement connectés à l'hôte.

Routage : algo de routage (faux)

- quand une machine M a un paquet à transmettre, elle applique l'algorithme suivant :
 - D: si le paquet est pour une machine située sur l'un des sous-réseaux d'une de ses cartes réseau, il est envoyé directement à la destination
 - RS: si le paquet est pour une destination pour laquelle M a une route définie, => envoyé au routeur défini dans la route
 - DGW: sinon, le paquet est envoyé au routeur par défaut de M

réseau 1:

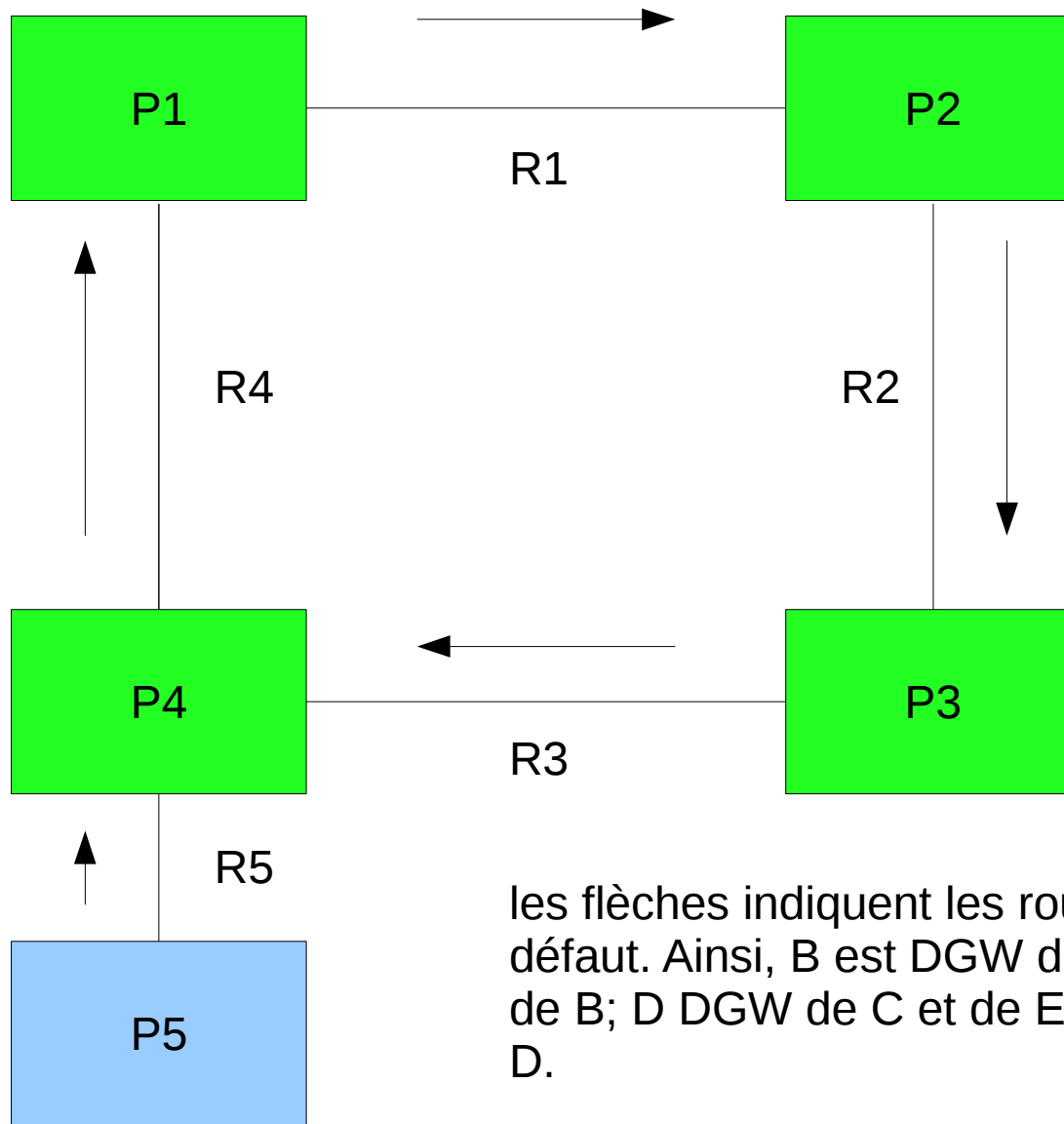


Couleurs:

- vert: routage activé
- bleu: hôtes non routeur

les flèches indiquent les routeurs par défaut. Ainsi, B est DGW de A; C DGW de B; D DGW de C et de E et A DGW de D.

réseau 1:

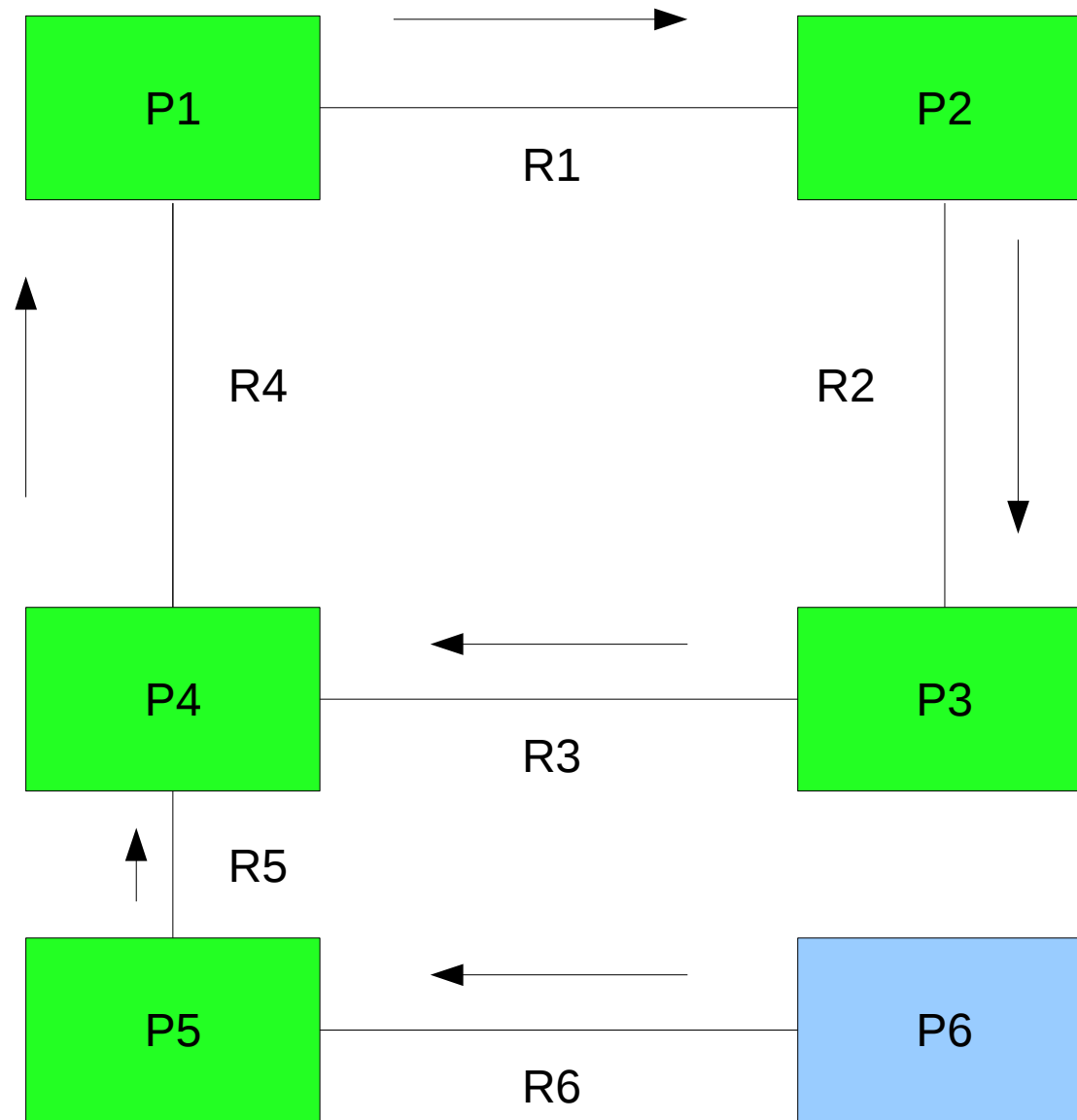


Couleurs:

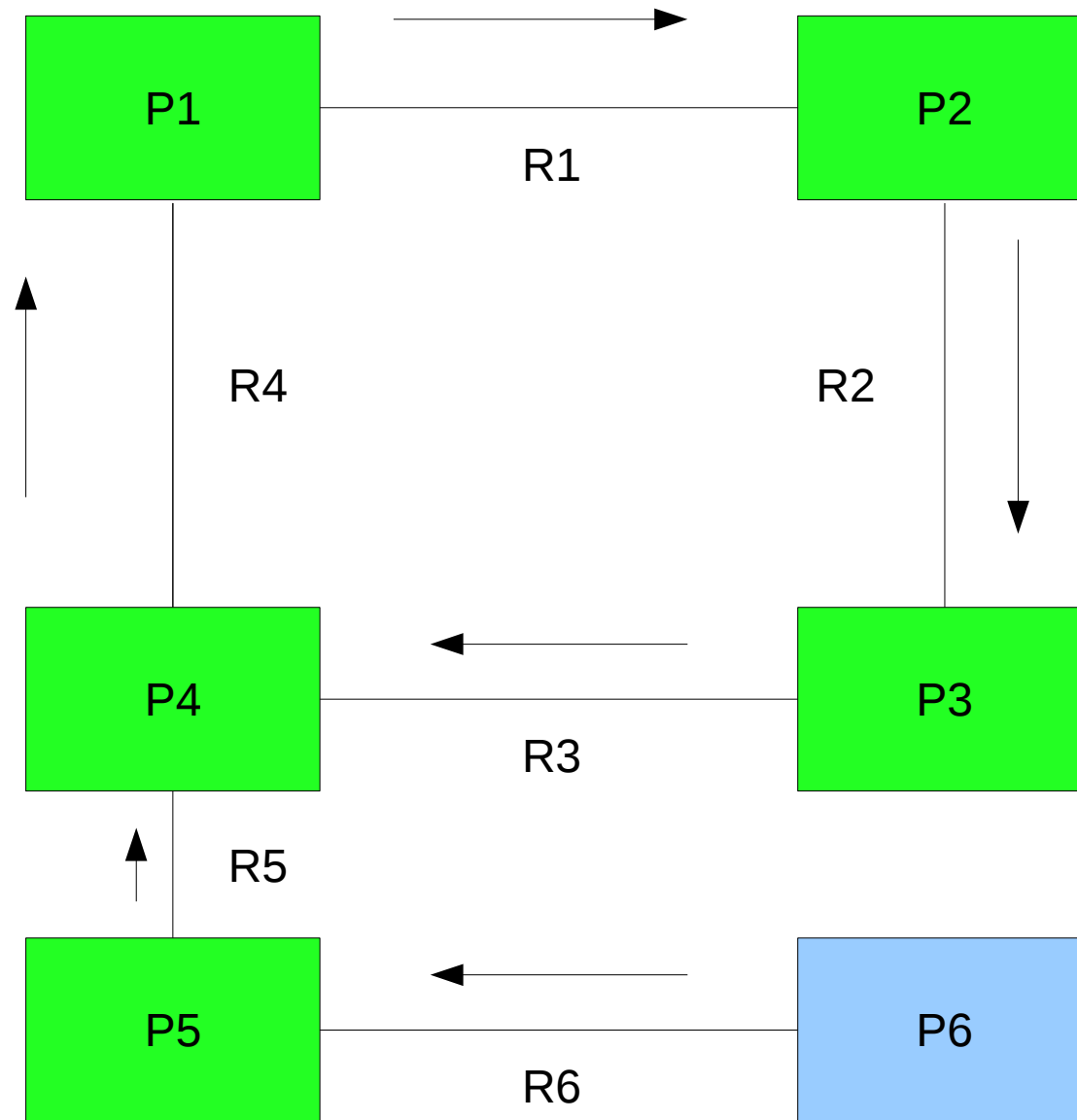
- vert: routage activé
- bleu: hôtes non routeur

les flèches indiquent les routeurs par défaut. Ainsi, B est DGW de A; C DGW de B; D DGW de C et de E et A DGW de D.

Routeage

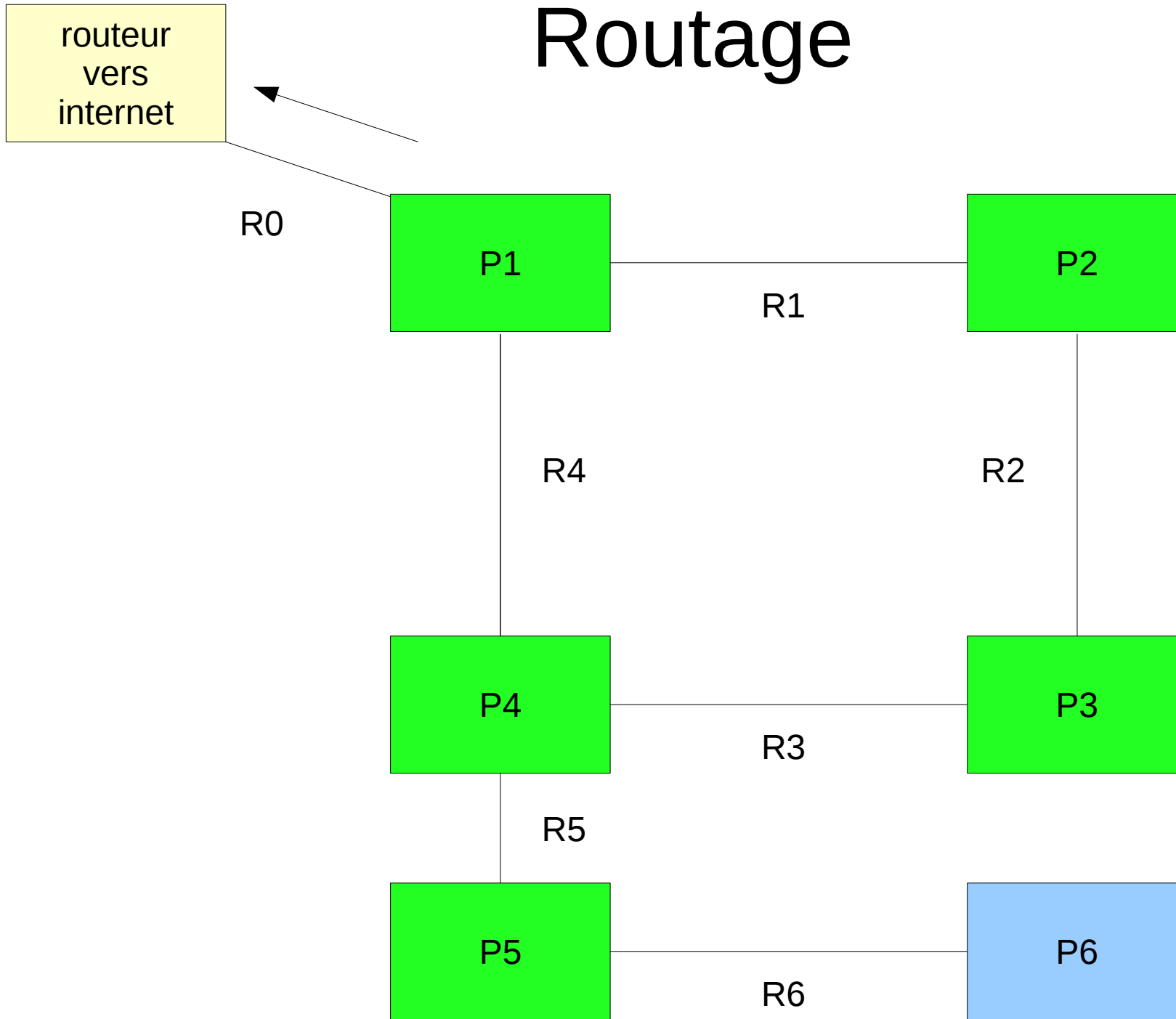


Routage

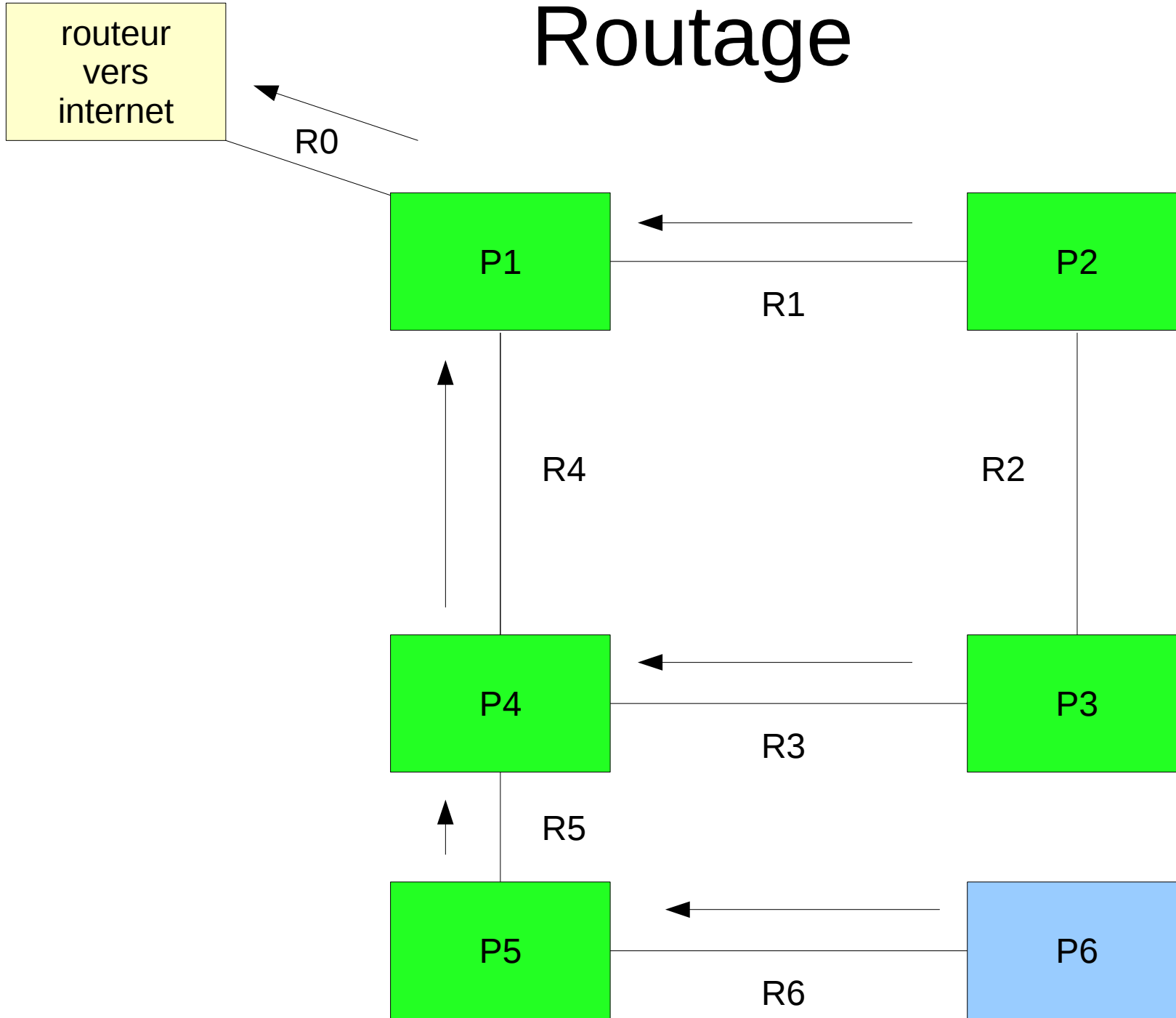


sur P4:
- pour aller en R6,
passer par P5

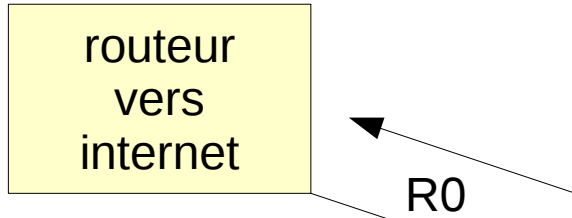
Routage



Routage



Routage

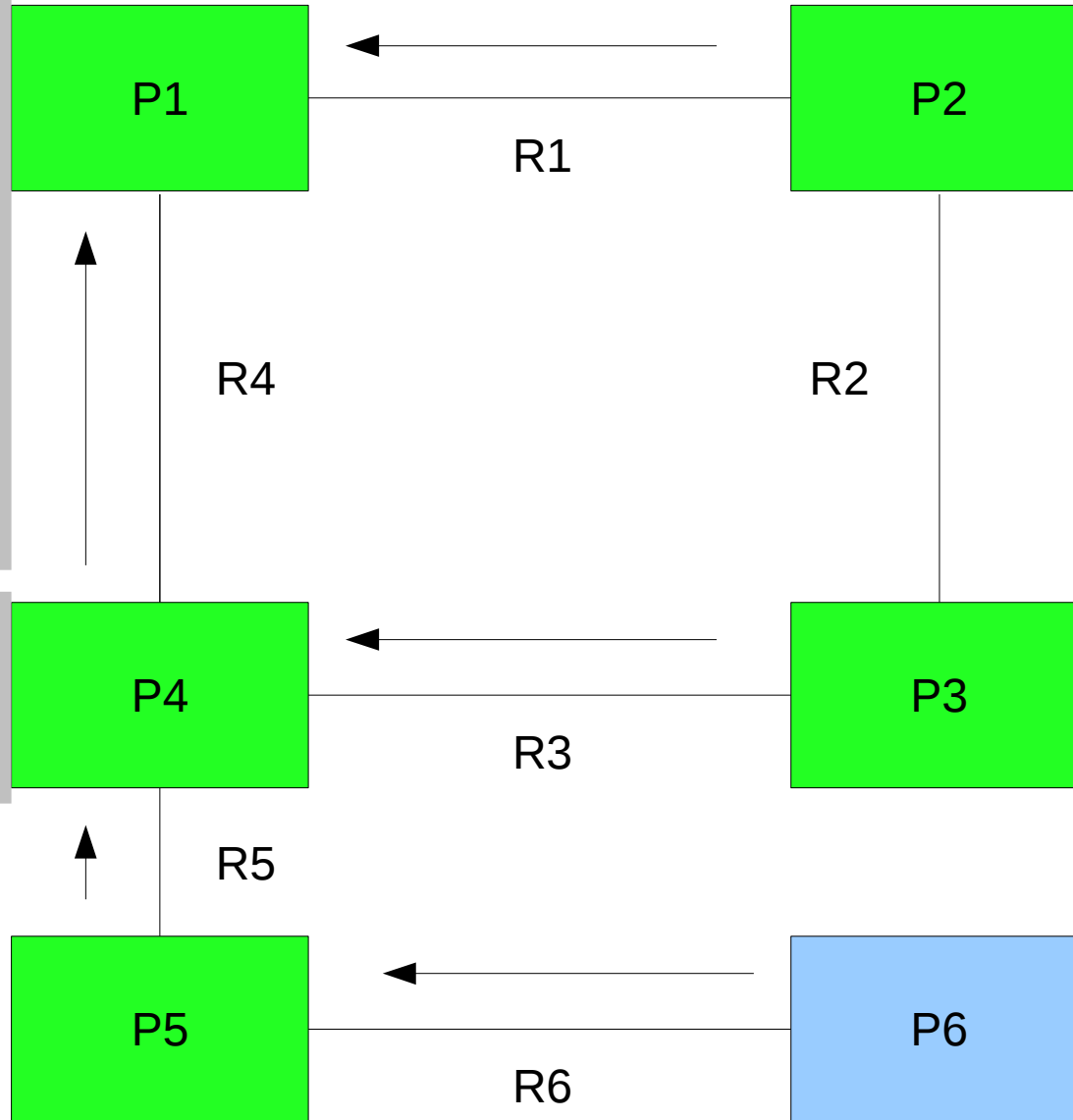


sur P1:

- pour aller en R2, passer par P2/R1
- pour aller en R3, passer par P4/R4
- pour aller en R5, passer par P4/R4
- pour aller en R6, passer par P4/R4

sur P4:

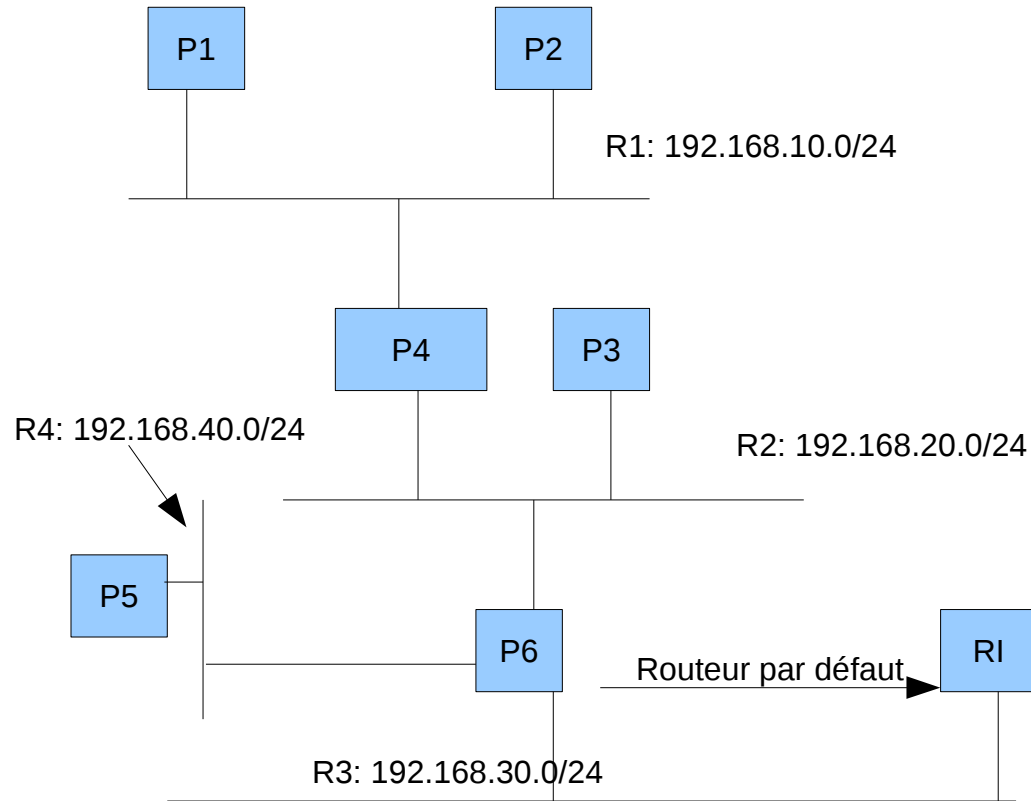
- pour aller en R6, passer par P5



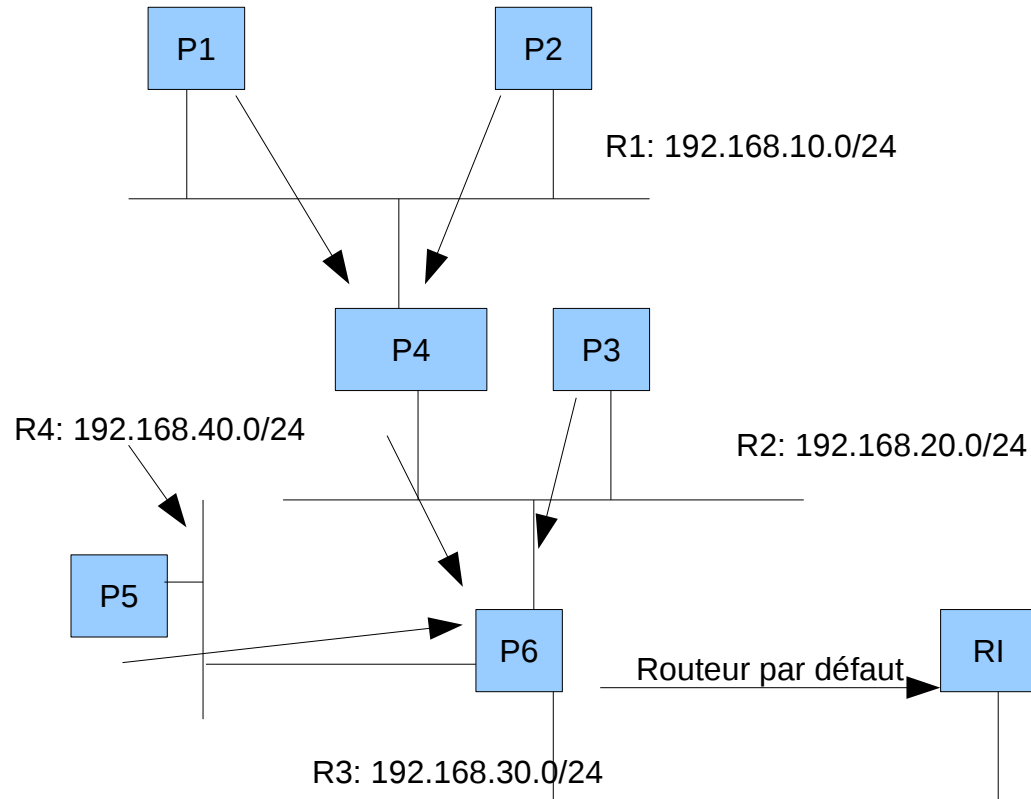
Routage : méthodologie

- sauf cas particulier, un routeur (par défaut ou de route statique), sera directement joignable
- un routeur sert à joindre des réseaux auxquels le poste n'est pas connecté directement
- on commence par choisir les routeurs par défaut des postes qui n'ont qu'un seul routeur par défaut possible : cas de P1, P2, P4 et P5 dans l'exemple suivant
- le routeur par défaut d'un poste est celui qui doit permettre de joindre internet
- quand le routeur par défaut ne convient pas, on ajoute une route statique.

Exemple



Exemple



routes statiques :

sur P6 : (obligatoire)

- pour aller à R1, passer par P4/R2

sur P3 : (pour optimiser le trajet de P3 à R1)

- pour aller à R1, passer par P4/R2

Routage: algo de routage (juste)

- Tri des lignes par taille de masque décroissante
- On prend la première entrée qui convient
- Fonctionnement récursif

Table de routage IP du noyau

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Iface
195.221.162.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	eth0
172.18.0.0	192.168.120.102	255.255.0.0	UG	eth1
172.17.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth2
192.168.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth1
172.20.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth3
0.0.0.0	195.221.162.249	0.0.0.0	UG	eth0

Routage: algo de routage (juste)

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Iface
195.221.162.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	eth0
172.18.0.0	192.168.120.102	255.255.0.0	UG	eth1
172.17.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth2
192.168.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth1
172.20.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth3
0.0.0.0	195.221.162.249	0.0.0.0	UG	eth0

la destination est identifiée par les colonnes :

- Destination et masque

le routeur permettant de joindre une destination est identifié par la colonne « Passerelle »

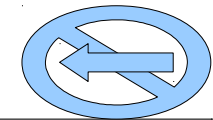
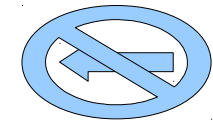
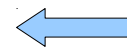
la table précise aussi l'interface réseau sur laquelle envoyer le paquet : colonne Iface dans notre exemple.

Routage : exemples

destination	ligne de la table de routage	passerelle
195.221.162.235	ligne 1	direct (0.0.0.0)
172.18.0.123	ligne 2	192.168.120.102
	ligne 4	direct (0.0.0.0)
8.8.8.8	ligne 6	195.221.162.249
	ligne 1	direct (0.0.0.0)

Routage: algo de routage (juste)

Destination	Passerelle	Genmask	Indic	Iface
195.221.162.0	0.0.0.0	255.255.255.0	U	eth0
192.168.10.0	195.221.162.249	255.255.255.0	UG	eth0
172.18.0.0	192.168.120.102	255.255.0.0	UG	eth1
172.17.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth2
192.168.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth1
172.20.0.0	0.0.0.0	255.255.0.0	U	eth3
0.0.0.0	195.221.162.249	0.0.0.0	UG	eth0



destination	ligne de la table de routage	passerelle
192.168.10.17	ligne 2	195.221.162.249
	ligne 1	direct (0.0.0.0)